DE LA RESPIRATION DANS LA SÉRIE DES ANIMAUX :

N° 32.

THÈSE

Présentée et soutenue à la Faculté de Médecine de Paris, le 14 février 1827, pour obtenir le grade de Docteur en médecine ;

PAR PIERRE-PAUL JAENGER, de Sigolsheim,

Département du Haut-Rhin ;

Élève de l'École pratique.

A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE DIDOT LE JEUNE,

Imprimeur de la Faculté de Médecine, rue des Maçons-Sorbonne, n° 13.

1827.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

Professeurs.

M. LANDRÉ-BEAUVAIS, Doyen.	Messieurs
Anatomie	CRUVEILHIER.
Physiologie	DUMÉRIL, *Examinateur*.
Chimie médicale	ORFILA, *Examinateur*.
Physique médicale	PELLETAN fils.
Histoire naturelle médicale	CLARION.
Pharmacologie	GUILBERT.
Hygiène	BERTIN.
Pathologie chirurgicale	MARJOLIN. ROUX.
Pathologie médicale	FIZEAU. FOUQUIER.
Opérations et appareils	RICHERAND.
Thérapeutique et matière médicale	ALIBERT.
Médecine légale	ADELON, *Président*.
Accouchemens, maladies des femmes en couches et des enfans nouveau-nés	DÉSORMEAUX.
Clinique médicale	CAYOL, *Suppléant*. CHOMEL. LANDRÉ-BEAUVAIS. RÉGAMIER, *Examinateur*.
Clinique chirurgicale	BOUGON. BOYER. DUPUYTREN.
Clinique d'accouchemens	DENEUX.

Professeurs honoraires.

MM. CHAUSSIER, DE JUSSIEU, DES GENETTES, DEYEUX, DUBOIS, LALLEMENT, LEROUX, PELLETAN père, VAUQUELIN.

Agrégés en exercice.

Messieurs	Messieurs
Andral.	Gerdy.
Arvers.	Kergaradec.
Baudeloque.	Lisfranc.
Bouvier.	Maisonabe.
Breschet.	Parent du Chatelet.
Cloquet (Hippolyte).	Pavet de Courteille.
Cloquet (Jules).	Ratheau.
Devergie, *Suppléant*.	Richard.
Dubois.	Rochoux.
Gaultier de Claubry, *Examinateur*.	Velpeau.
Gérardin, *Examinateur*.	Rullier.

Par délibération du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENS.

Amour filial.

P.-P. JAENGER.

A MES PARENS.

DE LA RESPIRATION

DANS

LA SÉRIE DES ANIMAUX.

L'INDIVIDUALITÉ animale ne peut se développer et se conserver que par un double rapport, qui se continue sans cesse avec les corps de la nature. D'un côté, l'animal introduit dans son intérieur les corps étrangers et les convertit en sa propre substance; d'un autre côté, il rejette les molécules qui ont fait partie de lui, mais qui, après une certaine époque, lui sont devenues inutiles. L'organe qui établit ce rapport est l'enveloppe de l'animal. Mais ce n'est pas là l'unique usage de la peau; celle-ci protège encore l'individu; elle le met en état de sentir les corps qui sont en contact avec sa surface, de là nécessairement sa structure se complique, ses élémens organiques ne sont pas en égale proportion dans tous les points. Selon qu'une partie est spécialement destinée à protéger, à sentir ou à servir de voie d'introduction, celui de ses élémens organiques le plus propre à atteindre ce but doit prédominer dans ce point, qui dès-lors est converti en organe spécial.

Destinée à introduire les corps extérieurs, la peau présente des modifications particulières relatives à l'état de ces corps. Ceux-ci peuvent être solides, liquides ou aériformes. L'action de la peau sur les deux premières espèces de substances constitue la digestion, dont le

propre est de dissoudre, liquéfier les solides et d'absorber les liquides. Les organes respiratoires de leur côté assimilent les matériaux gazeux. De là deux grandes divisions de la peau destinée à absorber. Appareil digestif d'un côté, et respiratoire de l'autre. C'est l'appareil respiratoire considéré dans les diverses classes d'animaux qui fait l'objet de ce travail.

Cependant il ne faut pas croire que telle partie soit exclusivement destinée à l'absorption de telle forme de corps, et qu'ainsi l'organe respiratoire n'admette pas les liquides, et que l'appareil digestif rejette les gaz; j'établis, au contraire, que les substances gazeuses et liquides peuvent être absorbées sur presque toute l'étendue du système cutané, soit resté simple, soit converti en organe spécial d'absorption; seulement il faut admettre que les corps gazeux sont plus particulièrement introduits par l'appareil respiratoire, et les liquides par celui de la digestion.

Avant de décrire l'organe respiratoire et d'exposer les modifications nombreuses qu'il présente dans la série des animaux, nous allons examiner le tissu générateur de cet organe dans son ensemble, dans ses élémens constitutifs, et voir comment et dans quel point il se modifie pour devenir apte à l'absorption des corps gazeux.

Un liquide homogène constitue l'être animal dans les premiers temps de son existence; le développement marche, et bientôt cette masse uniforme se détermine en parties distinctes et se pose en organes spéciaux. Alors la surface de l'animal se condense et se convertit en organe cutané. Cet organe ne se limite pas à l'extérieur; il creuse dans la masse cellulaire de l'individu, et forme différens prolongemens : ce sont ces prolongemens qui, joints à ce qu'on appelle *la peau*, constituent le système cutané. C'est ainsi que dans les animaux supérieurs, la peau, après avoir recouvert la surface du corps, le conduit auditif et le globe oculaire, pénètre par les canaux lacrymaux, les narines, les lèvres, dans l'intérieur de l'animal, et tapisse les fosses nasales, la bouche, le pharynx; de là elle se dirige d'un côté vers la trompe d'*Eustache*, la cavité du tympan, chez les vertébrés

supérieurs, et se développe en branchies chez les poissons; de l'autre, elle s'enfonce dans le larynx, la trachée-artère, et par une expansion admirable forme le poumon; plus loin elle se porte par l'œsophage dans l'abdomen, et donne naissance au canal intestinal, d'où elle va rejoindre la peau de la surface en sortant par l'anus. Dans ce trajet, d'abord dans la bouche et plus loin dans le duodénum, la peau fournit de nouveaux prolongemens, qui, sous forme de canaux, pénètrent dans les glandes salivaires, le foie, le pancréas; ces organes eux-mêmes ne sont que des fractions du grand système, qui s'est modifié dans ces points pour exercer des fonctions spéciales. Ce fait est démontré par l'anatomie comparée; en effet, le foie, par le développement duquel la nature semble nous avoir dévoilé l'origine des glandes, se présente chez les animaux, qui en offrent les premiers linéamens, sous forme de canaux filamenteux en cul-de-sac, qui ne sont que des prolongemens du canal intestinal. Tel est en effet l'organe biliaire dans quelques vers; dans les écrevisses, ces filamens sont déjà réunis en faisceaux, et forment ainsi la transition entre les canaux biliaires simples et isolés, et la glande conglobée, qui paraît dans les mollusques. Cette origine que nous trouvons au foie peut être également attribuée à tous les organes sécréteurs glanduleux et crypteux; dès-lors on comprend facilement la liaison vitale qui unit si intimement l'organe sécréteur à la partie de la surface cutanée, sur laquelle celui-là verse le produit de son travail. Si nous suivons la peau dans son extension, nous la voyons recouvrir les organes génitaux, entrer dans l'urètre et le vagin, et former, par son épanouissement, l'appareil génito-urinaire chez l'homme et la femme; enfin, par une dernière expansion, elle pénètre dans la glande mammaire.

En examinant la peau dans sa structure, et sans considérer les modifications que son système devra éprouver suivant ses différentes fonctions, l'on trouve que ses élémens organiques sont assez nombreux: l'on peut les réduire aux suivans.

Couche musculaire. C'est la partie la plus profonde du système cutané;

elle est immédiatement en contact avec le tissu cellulaire, qui forme la masse de l'animal, et constitue le muscle peaucier, qui n'existe pas chez tous les animaux dans toute l'étendue de l'organe cutané. Dans les classes supérieures, cette couche se détache en grande partie de l'enveloppe, et forme des faisceaux distincts; tandis que chez les animaux inférieurs la fibre contractile se confond intimement avec la peau, qui devient alors propre à la locomotion.

Derme. Il est la base de l'enveloppe cutanée, dont il forme la partie en général la plus épaisse. Composé essentiellement de substance gélatineuse qui s'est condensée et disposée en fibrilles, il présente un tissu feutré plus ou moins serré, suivant la fonction de la partie. Dans certains points il se résout en tissu cellulaire très-lâche. Les pertuis qu'il offre donnent passage aux vaisseaux, aux nerfs, et quelquefois à des parties de perfectionnement.

Réseau vasculaire. Cette couche, qui se trouve immédiatement au-dessus du derme, dont elle garnit la surface, est en général très-mince; cependant dans certaines circonstances elle est considérablement développée. Elle est formée par un lacis de vaisseaux artériels, veineux et lymphatiques (quand ces trois ordres de vaisseaux existent), ramifiés, anastomosés diversement. Ce réseau se moule sur les saillies qui peuvent se trouver à la superficie du derme, et forme alors très-probablement ce qu'on a nommé les *bourgeons sanguins.*

Pigmentum. L'existence de cette partie n'est pas constante dans toute l'étendue du système cutané; cette substance forme à la surface du réseau vasculaire une couche plus ou moins évidente, d'une consistance fort peu considérable, et presque demi-fluente. Ce qui la constitue, ce sont des grains extrêmement fins, agglutinés les uns à côté des autres, sans continuité organique entre eux, ni avec les autres parties de la peau; c'est une sorte de dépôt différemment coloré, et qui semble être exhalé par les parois des vaisseaux : ce

pigmentum est traversé par les extrémités nerveuses, qui viennent se rendre à la surface de la peau quelquefois sous forme de papilles. Réuni à la couche vasculaire, le pigmentum constitue le réseau de *Malpighi*, le *reticulum mucosum*.

Corps papillaire. L'on a supposé, plutôt que démontré, l'existence de ce corps. Il doit être formé par les extrémités des nerfs qui, après avoir traversé les couches précédentes, se rendent à la périphérie de l'animal, et y prennent la forme de petites papilles plus ou moins saillantes.

L'épiderme est la partie la plus superficielle de la peau; il limite le domaine matériel de l'animal. Sa structure semble consister en une matière cornée rejetée à la surface de la peau par un travail sécrétoire. Lisse assez souvent, il forme d'autres fois des amas d'où naissent ce qu'on nomme des *écailles*; enlevé, il se reproduit, si toutefois le derme n'a pas été altéré.

Tels sont les principaux élémens de la peau, mais l'on y trouve encore des organes accessoires ou de perfectionnement; ce sont des follicules qu'on distingue en *cryptes et phanères*, composés tous deux d'une partie productrice et d'une partie produite. Dans les deux organes les parties productrices sont semblables, et formées d'une substance vasculo-nerveuse douée de la fonction sécrétoire. Mais les parties produites diffèrent entre elles; car dans le crypte c'est un fluide de nature et d'usage divers, et qui est rejeté par l'ouverture du follicule; dans le phanère, au contraire, c'est une matière morte, persistante et se montrant dans les modifications sous forme de poil, plume, ongle, etc.

Ces parties que nous venons de décrire ne se trouvent pas nécessairement dans tous les points de la peau; c'est-à-dire que les unes peuvent acquérir un développement extrême, tandis que les autres sont à peine perceptibles, et même disparaissent complètement. Ces différences sont en rapport avec la nature des diverses fonctions de la peau.

Je n'exposerai pas toutes les nuances de structure que le système

cutané peut éprouver ; pour me renfermer dans mon sujet, je me bornerai à rechercher quelle est la modification qui rend la peau apte à devenir organe absorbant des corps gazeux. Il est évident que, pour atteindre ce but, la peau doit présenter dans le minimum de développement les élémens qui la convertissent en organe protecteur et sensitif. Ainsi l'épiderme est mince et disparaît même complètement ; le pigmentum est nul ; les nerfs, quoique assez abondans, sont plutôt les agens de stimulation que des organes de sensation. La couche musculaire en général, peu développée, se perd dans l'appareil pulmonaire et branchial, ou du moins ne se montre qu'à l'état rudimentaire dans la trachée et les bronches ; la présence de l'appareil phanérique serait nuisible, et les cryptes n'existent qu'à l'entrée du poumon. Le système vasculaire, au contraire, présente un développement considérable ; le derme devient spongieux, humide, et se résout en un tissu cellulaire lâche ; la peau ne reste plus exposée au contact de tous les corps indifféremment ; si elle est destinée à absorber l'air atmosphérique, elle pénètre dans la masse cellulaire de l'animal, et donne naissance à un poumon ; si elle doit extraire l'oxygène de l'eau, elle prend la forme de branchie.

Si l'on considère le système cutané sous le rapport de la partie qui est convertie en organe respiratoire, l'on peut diviser les animaux en deux groupes. En effet, chez les uns la peau s'enfonce dans l'intérieur de l'individu pour former à la fois les appareils respiratoire et digestif; chez les autres, la peau, rentrée dans l'animal, ne donne naissance qu'au tube digestif, l'organe respiratoire étant formé par une modification variable de la peau extérieure. La première disposition se trouve chez les vertébrés ; la seconde chez les animaux des classes inférieures.

Dans les vertébrés, la peau se modifie de deux manières différentes. Parvenue à une certaine profondeur, se trouvant, pour ainsi dire, à un noyau central vers la région hyoïdienne, elle se développe en se dirigeant, soit en arrière dans le thorax pour donner naissance à un poumon, soit en avant vers les côtés postérieurs de la tête pour s'épanouir en branchies. Ces deux nuances représentent le même organe

transformé de manière à donner à l'animal la faculté d'absorber l'oxygène, soit dans l'air, soit dans l'eau. L'organe respiratoire se trouve ainsi divisé en aérien et en aquatique. Ces deux formes existent chez tous les animaux vertébrés ; mais il faut le dire, rarement on les trouve fortement développées sur le même individu. Cette réunion se voit le mieux chez la sirène et le protée ; chez les têtards de grenouille, cet appareil est branchial ; bientôt passant à l'état adulte, ces animaux respirent par un poumon. Enfin, quand on considère les deux extrémités opposées de l'échelle des vertébrés, l'on voit une forme de l'organe l'emporter sur l'autre ; l'une parvient à son plus haut point de développement, l'autre laisse à peine des traces de son existence. Celle-ci peut même être méconnue, et d'autant plus facilement que ce qui reste de l'organe est souvent mis à profit par d'autres fonctions pour servir à leur perfectionnement. C'est ainsi que chez les mammifères l'appareil aérien a acquis tout son développement, tandis que l'aquatique est à peine indiqué par la trompe d'*Eustache*, la caisse du tympan et ses osselets. Ces parties sont détournées de leur destination normale, étant employées au perfectionnement de l'ouïe. Le contraire existe chez les poissons ; car tandis qu'ici l'appareil aquatique est à son summum de développement, à peine pouvons-nous reconnaître chez eux les vestiges de l'organe aérien.

Il importe d'examiner séparément chacune des formes sous lesquelles l'appareil respiratoire se présente chez les vertébrés.

Le poumon est l'organe aérien : considéré dans sa plus grande simplicité, il offre un sac membraneux très-expansible, formé par la peau rentrée dans une cavité qui renferme tantôt le poumon et le cœur seulement, tantôt ces parties et les organes digestifs. La surface externe du poumon est revêtue d'une membrane séreuse qui isole l'organe d'avec les parties environnantes. Son intérieur présente, dans les cas les plus simples, quelques vacuoles formées par les intersections du tissu cellulaire disposées en cloisons ; mais souvent ces cloisons sont nombreuses, et les vacuoles, devenant de plus en plus petites, augmentent en quantité, disposition qui ac-

croît l'étendue de la surface pulmonaire. Enfin, le poumon le plus compliqué est composé d'une infinité de cellules qui, réunies au moyen du tissu cellulaire, forment des lobules; ceux-ci, par leur agglomération, produisent des lobes qui, dans leur ensemble, constituent l'organe pulmonaire. La communication avec l'air ambiant se fait par un tuyau fibro-cartilagineux, qui, se divisant en conduits de plus en plus déliés, se répand dans la masse pulmonaire et forme l'arbre trachéo-bronchique. Le poumon est intimement lié par sa fonction au centre de la circulation; il reçoit du cœur des vaisseaux afférens très-considérables, qui par des ramifications nombreuses et capillaires s'épanouissent sur toute la surface pulmonaire; leur office est de conduire au poumon le sang qui doit être hématosé. Sur cette même surface commencent les radicules d'autres vaisseaux, qui, très-déliés dans leur origine, se réunissent en rameaux de plus en plus considérables; ce sont des canaux efférens ramenant au cœur le sang qui doit être distribué aux organes. Des vaisseaux lymphatiques nombreux, naissant dans le parenchyme celluleux du poumon, ainsi qu'à ses surfaces séreuse et muqueuse, portent dans le sang les produits de l'absorption. Enfin des filets nerveux abondans, tant cérébraux que ganglionaires, se fondent dans la substance pulmonaire. Afin de compléter cet appareil, une partie du système locomoteur s'est modifiée pour protéger le poumon, y introduire l'air atmosphérique et en rejeter les féces de la respiration. Le poumon peut encore offrir des modifications qui le rendent propre à concourir à l'accomplissement de fonctions accessoires; c'est ainsi qu'il devient organe de la voix, et qu'il facilite la locomotion aérienne chez les oiseaux.

L'appareil aquatique ou branchial est formé par le développement de la membrane gutturale; mais ici la muqueuse ne se dispose plus en cellules qui, par leur agglomération, forment un organe vacuolaire destiné à recevoir un fluide gazeux. La membrane, au contraire, se déplisse largement dans la fente des ouïes; elle se moule sur des arceaux osseux qui la soutiennent; elle augmente la surface qui doit être en contact avec le fluide à absorber en tapissant de petites lamelles

sseuses, triangulaires, dont la réunion donne à l'organe la disposition de dents de peigne. Chaque arceau revêtu de la membrane vasculaire constitue une branchie.

Dans les degrés inférieurs de l'échelle animale, l'appareil respiratoire ne présente plus autant d'uniformité. La peau de la surface de l'animal se modifie de différentes manières, pour produire un organe en harmonie avec l'organisation générale de l'individu et le milieu dans lequel il est obligé de vivre. Chez le plus grand nombre de ces êtres, l'on trouve des branchies, c'est-à-dire des replis de la peau, dans lesquels vient se ramifier un système vasculaire très-abondant. Le lieu de développement de ces organes, leur forme, leur nombre, offrent de grandes variétés; et ils ne se ressemblent le plus souvent que par l'abondance des vaisseaux qu'ils reçoivent. D'autres fois la peau se déprime dans la masse celluleuse de l'individu et produit une espèce de cavité pulmonaire lisse, dépourvue de vacuoles, mais garnie de vaisseaux très-nombreux. Enfin, chez certains animaux, la peau se modifie d'une manière toute particulière; elle pénètre par plusieurs ouvertures dans l'intérieur de l'animal, se dispose en canaux qui, en se dichotomisant souvent, se répandent dans toutes les parties de l'animal. Ces canaux sont appelés *trachées;* elles portent l'air dans l'intérieur du corps, et spécialement sur les parois du canal intestinal, pour faire agir l'oxygène sur le fluide nutritif.

Examinons successivement l'appareil respiratoire dans chaque classe d'animaux.

Mammifères.

Chez ces animaux, l'organe respiratoire aérien a acquis un grand développement. Cependant nous le verrons, chez les oiseaux, avoir une disposition plus propre à augmenter la quantité de respiration. Les mammifères respirent par des poumons qui sont toujours libres dans la cavité qui les contient. Ces organes présentent deux grandes divisions constituant le poumon gauche et le droit; chacune de ces parties offre des subdivisions qui forment des lobes dont le nombre

varie beaucoup dans les différentes espèces de mammifères, mais qui est toujours plus considérable du côté droit que du côté gauche. Une membrane séreuse, la plèvre, s'est développée entre chaque poumon et les parois thoraciques; elle présente deux espèces de sacs sans ouverture, adossés, qui revêtent les deux grandes divisions pulmonaires et séparent la cavité en deux loges. Ces sacs laissent entre eux un intervalle divisé en deux compartimens qu'on appelle les *médiastins*, dont l'antérieur contient la poche fibro-séreuse, qui renferme le cœur. La communication de l'intérieur du poumon avec l'air ambiant se fait par le nez et la bouche; celle-ci reçoit vers sa partie postérieure l'ouverture d'un tuyau fibro-cartilagineux, la trachée-artère, dont la tête présente le renflement laryngé, qui a pour fonction particulière l'office de produire la voix. La trachée se compose d'une muqueuse, continuation de la membrane buccale, et soutenue par des anneaux cartilagineux plus ou moins complets qui l'empêchent de s'affaisser sur elle-même. Entre ces anneaux, l'on observe très-bien la couche musculaire sur les grands animaux, et quelquefois même sur l'homme. Après un trajet plus ou moins long, la trachée se bifurque et donne naissance aux bronches; celles-ci, en se dichotomisant à l'infini, forment la masse pulmonaire, qui ne semble être que le résultat de l'énorme développement de la muqueuse trachéale. Les cartilages disparaissent et se trouvent remplacés par un tissu cellulaire dense, fibreux, qui devient de plus en plus lâche à mesure qu'on avance vers les ramifications profondes et déliées; celles-ci, d'une ténuité extrême, se terminent en produisant de légers renflemens, des cellules dans lesquelles le fluide aérien est reçu. J'ai pu rendre apparente cette terminaison sur le poumon d'un lapin. J'injectai, avec mon ami, M. *Peyrounenc*, dans le poumon de l'animal tué par hémorrhagie, l'alliage de *Darcet*, rendu très-fusible par l'addition d'une forte dose de mercure, et la pièce fut abandonnée à la putréfaction. Nous obtînmes une masse dont la surface offrait une infinité de petits grains à pédicule très-court et très-étroit. On peut comparer cette masse à une grappe de raisin à grains très-serrés, avec cette différence cependant que la disproportion

de volume entre la baie et le pédicelle est moins grande. Chez les mammifères la circulation est double; le ventricule droit fournit l'artère pulmonaire, qui conduit au poumon tout le sang veineux qui revient du corps; des veines ramènent au cœur gauche le sang qui a subi l'influence de l'hématose. Puisque la quantité de respiration d'un animal dépend et de la quantité du sang qui passe par le poumon et de la richesse de l'air qui agit sur le fluide à sanguifier, la fonction respiratoire doit être très-développée chez les mammifères. En effet, tout le sang veineux est porté aux poumons de ces animaux, qui respirent en même temps l'air atmosphérique.

La cavité qui renferme le poumon est toujours distincte et séparée de la capacité abdominale par un muscle particulier à cette classe d'animaux, disposé transversalement, et qui est appelé *diaphragme*. Les parois de cette enceinte sont formées par les côtes, variables en nombre dans les différentes espèces, et qui sont liées entre elles par un double plan musculeux. Ces arcs osseux s'articulent supérieurement avec la série des vertèbres; inférieurement ils sont liés au sternum au moyen d'appendices cartilagineux plus ou moins allongés. Le thorax est comprimé d'avant en arrière chez l'homme, et latéralement dans les autres mammifères.

Le mécanisme de la respiration est simple. La cavité thoracique se dilate et se resserre, et une certaine quantité d'air est introduite et rejetée alternativement, de sorte que, d'après l'idée de *Mayow*, l'on peut justement comparer le poumon logé dans le thorax à une vessie placée dans un soufflet. Il y a donc dans le mécanisme de la respiration deux mouvemens, l'un d'inspiration, l'autre d'expiration. Le premier ne dépend pas de l'activité du poumon; sa cause réside dans l'action musculaire et dans la pesanteur de l'air. Dans l'inspiration ordinaire, le diaphragme, qui, dans l'état de repos, fait saillie du côté de la poitrine, se contracte, sa convexité s'efface, et l'un des diamètres du thorax se trouve ainsi augmenté. Quand l'inspiration doit être plus grande, les arcs des côtes s'ouvrent sous l'influence musculaire, et l'agrandissement de la cavité de la poitrine se fait dans un autre

sens. Cette cavité une fois dilatée par les puissances musculaires, le poumon est forcé de suivre cette dilatation, car le vide ne peut exister entre le thorax et l'organe respiratoire. L'air que celui-ci contient est raréfié, et ne pouvant plus faire équilibre à la pression extérieure, il s'en précipite une certaine quantité qui remplit les cellules pulmonaires. Mais bientôt les puissances qui avaient dilaté la poitrine cessant leur action, le diaphragme reprend sa convexité, l'élasticité des côtes et de leurs cartilages ramène les parois du thorax à leur état naturel, et le poumon comprimé laisse échapper une partie de l'air qu'il contient. Ce retour constitue l'expiration, qui, dans l'état ordinaire, est tout à fait indépendante de l'action propre du poumon et de la contractilité musculaire. L'on peut cependant attribuer quelque chose à l'élasticité des cellules pulmonaires qui réagissent sur le fluide qui les distend. L'expiration peut aussi devenir parfois active lorsque, dépassant les limites ordinaires, elle appelle à son secours la contraction des parois abdominales; mais cette activité n'est qu'accidentelle, au contraire, de celle de l'inspiration, qui est toujours nécessaire, indispensable.

Oiseaux.

L'appareil respiratoire des oiseaux diffère sous plus d'un rapport de celui des mammifères, il est en général très-développé; aussi ces animaux jouissent-ils d'une vie énergique et d'une nutrition très-active. Leur poumon n'est pas lobé comme celui des mammifères, c'est une masse informe, renfermée dans la cavité de la poitrine et adhérente à ses parois. Une membrane séreuse recouvre sa surface aux endroits où ces adhérences n'existent pas; la trachée est d'une longueur variable selon celle du cou; dans quelques espèces elle forme un repli en entrant dans le thorax; ses anneaux cartilagineux sont le plus souvent complets, larges, rapprochés, se recouvrant même mutuellement. L'extrémité inférieure de la trachée se termine par le larynx inférieur; c'est là que se forme la voix. En général les bronches ne se divisent pas avant de pénétrer dans le poumon, puisque celui-ci ne présente pas

de lobes ; elles se prolongent et s'ouvrent dans la masse pulmonaire par un certain nombre de trous ; alors il n'y a plus d'anneaux cartilagineux, la structure des bronches devient membraneuse. En se dégageant du poumon, elles se portent dans la cavité abdominale et s'y développent en sacs dont les prolongemens s'étendent jusque dans les os. Cette disposition, aidée par le volume et la position des poumons, qui sont refoulés vers la partie supérieure et antérieure du corps, favorise considérablement le vol. Les oiseaux ont une circulation double, de sorte que toute la masse du sang veineux passe par le poumon ; le diaphragme est presque nul ; à sa place on trouve des digitations musculaires qui, des dernières côtes, se dirigent vers un centre aponévrotique fixé à la base du poumon. Les côtes sont formées de deux pièces réunies par une articulation mobile, surtout en arrière. Le mécanisme de la respiration des oiseaux est l'inverse de celui des mammifères. L'inspiration est passive, de sorte que sur un oiseau mort la poitrine se trouve dilatée ; l'expiration, au contraire, s'opère par le concours de l'action musculaire, dans ce cas l'animal agit sur les côtes dont l'angle est alors rendu plus aigu, le sternum se rapproche du rachis, la capacité du thorax est diminuée et le poumon expulse une partie de l'air qu'il renferme. Bientôt l'action musculaire cesse, les os reprennent leur position primitive, la poitrine se dilate, l'air rentre dans le poumon, et jusque dans les sacs aériens ; dans une nouvelle expiration ceux-ci, étant comprimés, rejettent l'air raréfié qui les distend. Comme l'air contenu dans ces sacs n'a pas été dépouillé de son oxygène, il arrive qu'il y a dans le poumon des oiseaux un double courant d'air toujours riche en oxygène et dans l'inspiration et dans l'expiration. Appliquant l'idée de *Mayow* au mécanisme de la respiration des oiseaux, l'on peut comparer le poumon de ces animaux à un soufflet à double courant. Ce contact presque continu du sang avec un air toujours riche paraît être la cause de la grande activité de la respiration des oiseaux, et par suite de l'énergie de leur nutrition et de leurs mouvemens. C'est sans contredit dans cette classe que la quantité de respiration est la plus grande.

Reptiles.

Tous les reptiles ne présentent pas la même disposition dans l'organe respiratoire. Nous allons examiner successivement les particularités qu'offrent les quatre grandes divisions qui renferment ces animaux.

Chéloniens. Les poumons sont fort étendus et placés dans la même cavité que les viscères abdominaux ; mais dans leur intérieur l'on ne trouve pas ces cellules extrêmement petites et qui donnent aux poumons des mammifères et des oiseaux une si grande surface. Ils forment deux grands sacs divisés par des cloisons en loges polygonales; la trachée-artère est en général courte, ses anneaux cartilagineux sont incomplets et disparaissent déjà dans les bronches : celles-ci offrent plus de longueur que la trachée, quelquefois même elles sont repliées; elles pénètrent dans le poumon jusqu'à une certaine profondeur, et s'ouvrent dans les cellules par des pertuis plus ou moins nombreux. Les chéloniens ont le cœur composé de deux oreillettes et d'un ventricule à deux chambres inégales qui communiquent ensemble ; le sang du corps entre dans l'oreillette droite, et celui du poumon dans la gauche ; mais les deux sangs se mêlent en passant par le ventricule. Le poumon reçoit par conséquent un sang mélangé et une partie seulement de celui qui revient du corps, partie d'autant moins considérable que le calibre de l'artère pulmonaire comparé à celui de l'aorte est plus petit. Chez les tortues la quantité de respiration éprouve donc une diminution marquée.

Le mécanisme de cette fonction offre une disposition particulière ; il ne peut s'opérer par l'action du thorax, qui forme à tout l'animal une enveloppe osseuse inextensible. C'est par le jeu de la bouche et du larynx que la tortue respire ; tenant les mâchoires bien fermées, elle abaisse et élève alternativement son os hyoïde : le premier mouvement laisse entrer l'air par les narines, la langue fermant alors leur ouverture intérieure ; le deuxième mouvement contraint cet air à pénétrer dans

le poumon à travers la glotte, ouverte dans le moment par l'action musculaire. Par ces déglutitions successives la tortue remplit son organe respiratoire, et comme dans l'état de repos la glotte se trouve complètement fermée, l'air est emprisonné dans le poumon, de manière que cet organe peut alors être comparé à un fusil à vent chargé ; dès que la glotte s'ouvre l'air raréfié s'échappe en partie, et cette expiration est aidée par la contraction des muscles abdominaux.

Sauriens. Ils ont un poumon double, non lobé, quelquefois très-étendu et se prolongeant alors très-avant dans la cavité abdominale. Sa surface intérieure présente des aréoles étendues ; les bronches pénètrent à une certaine distance dans la masse pulmonaire ; de même que chez les tortues les deux ventricules du cœur communiquent ensemble. Le diaphragme a disparu ; les côtes sont articulées avec le sternum et présentent la disposition de celles des oiseaux ; aussi le mécanisme de la respiration est-il le même que chez ces derniers animaux.

Ophidiens. L'organe pulmonaire, qui est double dans quelques espèces, tend à devenir simple dans les vrais serpens ; alors le poumon gauche disparaît, le droit prend plus de développement et se prolonge au-dessus de l'œsophage, de l'estomac, du foie, bien au-delà de ces derniers. La trachée-artère ne se divise pas en bronches ; elle se prolonge le long du poumon unique, et s'y ouvre latéralement par une terminaison brusque. Ses parois sont membraneuses, l'on n'y trouve que peu de substance fibro-cartilagineuse. L'intérieur du poumon, ou plutôt du sac membraneux qu'il représente, est tapissé par des cellules polygones bordées elles-mêmes par un réseau fin, blanc, opaque, formé de cordons de nature tendineuse qui divisent ces cellules en aréoles d'une moindre capacité. Sa partie postérieure se termine en formant une espèce de vésicule de dépôt ; dans ces animaux les deux sangs se mélangent dans le ventricule unique, et le fluide qui revient du corps étant beaucoup plus abondant que celui qui a été

revivifié, les organes reçoivent un sang peu stimulant. Aussi l'énergie vitale est-elle beaucoup diminuée dans les ophidiens.

Batraciens. Ces animaux jouissent à la fois de la respiration aérienne et aquatique. Avant leur développement parfait, ils respirent par un appareil branchial. Les larves de salamandre présentent sur les côtés du cou une fente bordée par des expansions de la peau amincie et frangée; c'est ce qui constitue chez ces animaux l'organe branchial; le poumon existe à l'état rudimentaire, et se développe quand l'animal devient adulte. Le têtard de la grenouille a ses branchies rentrées, s'ouvrant à l'extérieur en arrière de la tête; cet appareil se flétrit à mesure que l'animal approche de l'état adulte; alors la grenouille respire par un poumon qui a la forme d'un sac membraneux, ovale, se prolongeant dans l'abdomen; ses parois offrent quelques cellules, et sont garnies de ramifications vasculaires. Cet organe ne reçoit qu'une fraction du sang, et cette fraction varie avec le diamètre de l'artère pulmonaire, qui naît de l'aorte même. Le mécanisme de la respiration est analogue à celui des tortues.

La plupart des animaux de ce groupe perdent leurs branchies vers l'âge adulte, époque où les poumons se développent; il faut en excepter la sirène, le protée et l'axolote qui, pendant tout le temps de leur existence, continuent à respirer par des branchies, leur poumon restant à l'état rudimentaire. D'après les expériences de M. *Edwards*, c'est parce qu'il y aurait à la fois défaut de nourriture, de température assez élevée, de lumière et de respiration aérienne, que ces animaux persisteraient à l'état de larve. En effet, douze têtards sur le point de se transformer furent introduits dans une boîte de fer-blanc percée de trous, qu'on plaça dans la Seine à quelques pieds au-dessous de la surface; un plus grand nombre de ces animaux fut réuni dans un vase de terre contenant trente litres d'eau de Seine qu'on renouvelait tous les jours; et ils avaient la liberté de monter à la surface pour respirer l'air en nature; dans cet état, ils ne tardèrent pas à se transformer. Quant aux premiers, deux seulement subirent la métamor-

phose, et encore ne fut-ce que fort tard; les dix autres avaient conservé leur forme imparfaite. L'influence de ces agens sur le développement et la transformation des larves se confirme encore par l'observation qui constate qu'on a toujours trouvé le protée dans des conditions de température, de lumière et de respiration où les branchies subsistent; en effet, cet animal habite les eaux souterraines des lacs de la Carniole, où il persiste à l'état de larve.

Poissons.

Chez eux l'appareil respiratoire est aquatique; il offre moins de développement dans les poissons cartilagineux que dans les poissons osseux. Ceux-ci portent dans la cavité des ouïes des branchies qui sont ordinairement au nombre de quatre de chaque côté : ces organes sont pourvus d'un système vasculaire abondant; en effet, chaque branchie reçoit du cœur, qui est simple, un vaisseau afférent considérable, se répandant en ramifications nombreuses et déliées sur la surface de la membrane. Ces ramifications donnent naissance aux racines d'un vaisseau efférent qui reçoit les rameaux des autres branchies; la réunion de toutes ces branches vasculaires constitue le tronc qui porte directement aux organes le sang revivifié. Enfin chaque branchie reçoit des filets nerveux des pneumo-gastriques. Ces organes sont distincts les uns des autres, et libres dans la cavité qui les contient. Les arcs branchiaux s'articulent en bas avec l'appareil hyoïdien, en haut avec les os du crâne ou les vertèbres cervicales. En dehors les branchies sont recouvertes et protégées par une membrane qui n'est que le prolongement de celle de la bouche, et par des pièces osseuses dont l'ensemble constitue l'opercule. Toutes ces parties sont mues par des muscles, afin de rendre le mécanisme de la respiration plus facile. L'on peut comparer les arcs branchiaux, l'opercule et les muscles aux parois thoraciques qui introduisent et dirigent les substances destinées à être absorbées. La partie vasculaire des branchies représente, au contraire, la surface absorbante des poumons. Dans

cette espèce de poissons l'appareil aérien semble encore apparaître dans la vessie natatoire ; mais cet organe est dépouillé de sa fonction primitive, il est converti en organe servant à la locomotion.

Dans les poissons cartilagineux, le plus souvent la membrane respiratoire est soutenue par un arceau cartilagineux ; mais ce support est fixe, de sorte que la branchie devient peu mobile. Dans certaines espèces les vaisseaux sanguins viennent s'épanouir dans une membrane simple qui tapisse les parois de cavités ou de bourses plus ou moins nombreuses ; chacune de celles-ci présente deux ouvertures, dont l'une communique avec l'extérieur, l'autre avec l'arrière-bouche. Les branchies des poissons reçoivent tout le sang qui revient du corps ; néanmoins chez eux la quantité de respiration est inférieure à celle des reptiles, à cause du peu d'oxygène qui agit sur leur sang.

L'eau aérée est portée sur les branchies par le mécanisme suivant : l'animal avale le liquide, mais au lieu de le faire passer dans l'œsophage, il le dirige de côté dans les cavités branchiales ; l'appareil operculaire, quand il existe, presse sur l'eau qui tend à s'échapper, la tamise, pour ainsi dire, à travers les lamelles des branchies ; et cette pression rend le contact beaucoup plus intime. Dans son passage le fluide influence le sang, et bientôt il est rejeté, soit par les ouïes, soit par des orifices particuliers qui existent sur les parties latérales du cou.

Animaux articulés.

Insectes. Ils respirent par des trachées ; l'air pénètre par des ouvertures qu'on appelle les *stigmates* ou *spiracules*, et qui sont chez la plupart des insectes au nombre de seize à dix-huit. Chacun de ces orifices correspond sur les côtés à l'un des segmens du corselet et des anneaux de l'abdomen. Ces stigmates sont l'origine des trachées, dont la structure est très-remarquable. Pour en donner une idée exacte, on les compare à l'un de ces fils d'or ou d'argent tirés à la filière, et aplatis ensuite, tels que ceux dont on forme les galons. On sait

que ces fils métalliques ne font que recouvrir un autre fils de soie ou de matière végétale de manière à le masquer complètement. Si l'on soumet un fil de galon ainsi disposé à l'action du feu, la matière végétale ou animale se réduit en cendre, et cette cendre peut sortir par les deux extrémités du tube qui reste alors creux et formé d'une lame spirale, dont les tranches sont parfaitement en rapport les unes avec les autres. C'est la disposition d'une pareille lame spiraloïde qui donne aux trachées l'aptitude de former des tuyaux élastiques, se soutenant par eux-mêmes, et restant toujours ouverts pour recevoir l'air. La face interne de cette lame est recouverte d'une membrane fine. Ces canaux aériens sont en général cylindriques dans une certaine étendue ; cependant il en est qui sont comme étranglés d'espace en espace, et présentent alors des vésicules plus ou moins renflés et de forme variable ; ces vaisseaux, en se dichotomisant, se répandent dans tout le corps pour y porter l'air qui doit agir sur la matière à assimiler.

Parmi les arachnides, quelques espèces respirent par des trachées ; mais d'autres ont sur les côtés de l'abdomen de petites poches membraneuses dont les parois sont tapissées de vaisseaux ; c'est là que le sang reçoit l'influence de l'air.

Crustacés. La plupart de ces animaux respirent par des branchies ou des lames branchiales ; quelques-uns par des espèces de sacs aériens. Dans les crustacés décapodes, les branchies sont placées à la racine des pieds sous le rebord latéral et inférieur du test. L'on y distingue deux variétés principales de forme : dans les uns, c'est une pyramide composée d'une tige centrale, cartilagineuse supportant de nombreuses lames molles, vasculaires, empilées les unes sur les autres perpendiculairement à l'axe de la tige ; dans les autres, ces branchies, au lieu de présenter l'aspect lamelleux, offrent des espèces de houppes formées par des filamens cylindriques contenant chacun une artériole et une vénule. Les crustacés amphipodes sont pourvus d'appendices vésiculeux placés à la base interne des pieds, et que l'on considère

comme des branchies. Les typhis, les ancées, les jones, etc., portent sous la queue des branchies toujours nues, et en forme de tiges plus ou moins compliquées; enfin les aselles, les cloportes, etc., ont ces organes sous la même partie que les animaux précédens : ce sont tantôt des espèces d'écailles vasculaires, tantôt des bourses membraneuses recevant l'air atmosphérique en nature. Chez tous les crustacés le sang revenant du corps se rend dans un vaisseau, quelquefois dans un véritable cœur situé dans le dos. Ce vaisseau porte le fluide qui doit respirer dans les branchies, d'où il est repris et conduit dans un vaisseau ventral qui distribue la substance nutritive à tous les organes.

Vers. Ces animaux sont divisés naturellement en deux groupes, selon que l'on remarque la présence ou l'absence d'un organe respiratoire spécial. Ceux qui portent des branchies habitent la mer : ces organes offrent chez les uns des panaches ou des arbuscules attachés à la tête ou sur la partie antérieure du corps ; chez les autres, ils sont en forme d'arbres ou de lames, disposés sur la partie moyenne du corps ou tout le long de ses côtés ; le second groupe renferme les vers d'eau douce et de terre : ces animaux étant privés de branchies, paraissent absorber l'air par toute la surface de leur peau.

Mollusques. En général, ces animaux sont pourvus de branchies; quelques espèces font exception, et respirent par des organes pulmonaires. Ces deux appareils sont toujours formés par la peau, considérablement amincie, molle et garnie de nombreux vaisseaux. Les poumons existent chez les mollusques céphalés, qui respirent l'air en nature; les autres céphalés possèdent des organes branchiaux : ces organes existent aussi chez les mollusques acéphales bivalves. L'on ne trouve qu'une poche respiratoire qui reçoit l'eau chez les acéphales nus. En général, la forme, la position, la structure de ces organes varie beaucoup dans les différentes espèces. Chez ces animaux l'appareil circulatoire conduit aux branchies le sang qui revient du corps,

et des vaisseaux reprennent ce fluide revivifié pour le conduire au cœur, qui le distribue à tout l'organisme.

En descendant dans l'échelle animale, tout organe respiratoire spécial disparaît ; peut-être y a-t-il une exception pour les holothuries : ces animaux, en effet, portent autour de la bouche des organes ramifiés et creux jusque dans leurs ramifications, se gonflant par l'arrivée de l'eau, et servant peut-être à la respiration ; chez les autres animaux, il paraît que l'air agit sur toute leur surface, et que la respiration se fait par une espèce d'imbibition.

Tel est l'organe respiratoire dans la série animale : essayons de donner une notion générale de sa fonction.

Vue dans sa généralité, la respiration consiste dans l'action de l'air atmosphérique sur les fluides des corps organisés ; dans ce sens les végétaux et les animaux jouissent également de cette fonction. Mais nous entendons plus particulièrement par respiration la combinaison de l'air avec le sang dans un organe spécial qui détermine cette combinaison, et produit une humeur éminemment nutritive : ainsi nous trouvons dans cette fonction, d'un côté, un agent extérieur influençant, de l'autre un fluide animal à influencer, et pour moyen terme un organe vivant déterminant l'action. Ce dernier est décrit : il nous reste à faire connaître les deux premiers avant de parler des phénomènes respiratoires proprement dits.

L'agent qui influence est toujours l'air atmosphérique ; mais ce corps est porté sur l'organe en deux états bien distincts ; le plus souvent il est l'air en nature, d'autres fois il est l'air en solution dans l'eau. Ces états ne diffèrent pas autant qu'on pourrait le croire, puisque l'air contenant aussi une grande quantité d'eau sous forme de vapeurs, la différence ne se trouve plus être que du plus au moins.

On sait que l'air est un fluide élastique permanent, enveloppant le globe de toutes parts à une hauteur de quinze à seize lieues environ, et formant ainsi l'atmosphère. Ce gaz est diaphane, incolore, pesant, compressible ; il se dilate par la chaleur, et contient de l'hu-

midité en raison de sa température. Sa composition est ce qu'il nous importe le plus de connaître. Il est formé 1°. de vingt-une parties d'oxygène, corps élémentaire, et l'un des agens le plus universellement répandus dans la nature : sans lui pas de combustion, pas de respirations possible ; son influence sur les corps organiques est éminemment tonique et stimulante ; 2°. de 79 parties d'azote, autre principe presque aussi répandu que le précédent, et constituant l'élément principal de toute substance animale. Ses propriétés sont contraires à celles de l'oxygène ; il s'oppose à toute combustion, à toute respiration, et peut donner la mort par défaut d'excitation ; 3°. de traces d'acide carbonique, de vapeurs d'eau en quantité variable. Il faut y ajouter le calorique, la lumière, l'électricité et le magnétisme. L'air peut encore contenir en suspension entre ses molécules beaucoup de substances étrangères, mais qui n'en font pas partie intégrante. L'oxygène et l'azote sont dans un état de mélange ou de faible combinaison ; leur proportion est la même en tous lieux, à toutes hauteurs, et elle n'a pas changé depuis qu'on connaît la composition de l'air. L'azote et les vapeurs d'eau paraissent tempérer l'action trop stimulante de l'oxygène pur sur les êtres organisés. Cette action est encore bien plus faible lorsque l'air est dissout dans l'eau ; néanmoins il semble qu'il y ait une légère compensation : en effet, les expériences de MM. *de Humboldt* et *Provençal* font connaître que la proportion de l oxygène à l'azote est plus forte dans l'air dissous dans l'eau que dans l'air atmosphérique.

Le fluide animal qui doit recevoir l'influence de l'air est connu sous le nom de *sang veineux*. D'un rouge foncé dans les animaux supérieurs, il pâlit et se décolore à mesure qu'on descend dans la série animale. Sa composition n'est pas homogène ; des matériaux divers concourent à le former. Sa partie principale provient du résidu du sang artériel qui n'a pas été consumé par les organes. Dans ce liquide viennent se rendre tous les produits de la décomposition du corps ; tout ce que l'absorption recueille sur les surfaces séreuses et dans le tissu cellulaire ; enfin les substances nombreuses absorbées par la

peau et les membranes muqueuses. Tous ces matériaux constituent, par leur mélange, le sang qui va être artérialisé. Ce qui caractérise spécialement ce liquide, c'est son inaptitude complète à exciter et nourrir les organes chez les animaux supérieurs ; dans les classes inférieures, au contraire, le sang artériel converti en sang veineux conserve encore en partie, après la révolution circulatoire, sa propriété nutritive.

Les deux matériaux de la respiration, l'air et le sang veineux, doivent être en contact pour qu'il y ait action. Chez le plus grand nombre des animaux le fluide influençant est mis en rapport avec le sang par l'intermédiaire de l'action musculaire. Cette action est alors commandée par le cerveau, qui est sollicité par la sensation du besoin de respirer. Recherchons quelle est l'origine de ce besoin. Parvenu à un certain degré de développement, l'animal ne trouve plus une nourriture suffisante dans les matériaux que lui fournit sa mère : l'assimilation de l'air devient nécessaire à la progression de l'évolution de l'individu. Dès-lors un nouveau besoin se manifeste, et ce besoin a sa source dans toutes les parties de l'économie. Mais en vertu de l'unité de l'organisme, il n'y a qu'un certain point de la peau modifiée d'une manière spéciale qui en devient l'interprète ; c'est l'organe même qui doit introduire la nourriture nouvelle, ou plutôt l'organe par lequel toute l'économie respire. Ce besoin n'est pas éveillé subitement à la naissance par l'impression des agens extérieurs ; sa cause est toute intérieure, toute organique ; ce besoin est une conséquence même du développement de la vie ; il se produit lentement ; il existe déjà chez le fœtus quelque temps avant la naissance, et se manifeste à cette époque en provoquant des essais de mouvemens respiratoires. Je citerai à l'appui de mon opinion le fait curieux rapporté par le professeur *Béclard* dans sa thèse : « Lorsqu'on ouvre, dit-il, une femelle pleine, on voit à travers les membranes et l'eau de l'amnios, après avoir incisé avec précaution l'utérus ; on voit, dis-je, très-distinctement des mouvemens respiratoires, consistant dans l'ouverture de la bouche, l'agrandissement des narines, en même temps que les parois du thorax

s'élèvent; ces mouvemens se répètent à des intervalles assez régulièrement égaux; ils sont en général plus lents que les mouvemens respiratoires de la vie extra-utérine chez les mêmes animaux; ils deviennent plus étendus, plus rapprochés à mesure que, par le resserrement progressif de l'utérus, la circulation entre la mère et le fœtus devient plus imparfaite; ils ressemblent très-bien en général aux mouvemens respiratoires rares et profonds que font les fœtus nés dans l'état de faiblesse et d'apnée, qu'on appelle *asphyxie des nouveau-nés*. La ressemblance entre ces deux choses est frappante.

Cette manière de considérer le besoin de respirer nous conduit à établir que les premiers mouvemens d'inspiration extra-utérine ne sont pas déterminés par l'impression de l'air sur la bouche, les narines et la peau, comme on le croit généralement; que ces mouvemens ne sont plus alors les premiers de ce genre que l'animal exécute, mais bien les premiers qui introduisent l'air dans le poumon. Toutefois la stimulation de l'air sur l'individu naissant n'est pas sans effet pour la respiration; si l'animal naît avant sa maturité, dans un état de faiblesse où la sensation du besoin de respirer encore peu développée, n'excite pas suffisamment le cerveau, l'impression de l'air et des autres stimulans réveille cet organe et lui donne assez d'énergie pour commander les mouvemens respiratoires. Dans les cas ordinaires, ces excitations extérieures concourent, avec cet appel qui part du poumon, à solliciter avec plus de force l'action du cerveau. La connaissance de l'influence de ces agens sert de base au précepte de stimuler les enfans qui naissent dans un état d'apnée par faiblesse.

Si l'on recherche par quelle voie cette sensation parvient au centre de perception, l'on trouve que ce ne peut être que par le système nerveux. Ce système étant simple chez les animaux inférieurs, la question est d'une solution facile, si toutefois cette sensation existe chez eux. Mais la question devient plus difficile dans les classes supérieures; ici le poumon reçoit à la fois des nerfs du trisplanchnique et de la huitième paire cérébrale. La plupart des physiologistes accordent à ce dernier nerf la fonction de transmettre au cerveau la sensation du be-

soin de respirer. Mais quand on examine avec soin les effets produits par la section des pneumo-gastriques sur différens animaux, l'on est bien loin d'admettre cette opinion. En effet, les individus soumis à ces expériences ont continué, après la division complète de ces nerfs, à exécuter des mouvemens respiratoires ; la plupart sont même tombés dans un état d'anxiété, pendant lequel les inspirations ont été plus fréquentes ; le cerveau percevait donc la sensation du besoin de respirer, puisqu'il commandait des mouvemens. Concluons de ce fait que s'il est vrai que la section d'un nerf interrompt l'action dans cet organe, l'on ne doit pas attribuer à la huitième paire la fonction de transmettre la sensation du besoin de respirer au centre de perception. Il me paraît plus probable, quoique non démontré, que le poumon provoque les mouvemens musculaires par les filets nerveux du grand sympathique qui se rendent aux paires rachidiennes.

C'est donc à la sollicitation du poumon que l'air est mis en rapport avec la surface qui doit l'absorber. Je ne décrirai pas ici les différentes nuances de mouvemens respiratoires qu'on observe dans la série animale, ce point ayant déjà été traité dans la partie anatomique de ce travail. Je passe de suite à l'examen des phénomènes profonds de la respiration ; *absorption*, *exhalation*, *hématose* proprement dite, voilà tout le travail respiratoire ; je vais considérer ces trois actes successivement.

Absorption. Tout animal, qu'il soit pourvu ou non d'un appareil respiratoire, périt s'il est soustrait assez long-temps à l'influence de l'air. Cette privation produit son effet dans un temps d'autant plus court que l'individu qui est soumis à l'expérience se trouve plus élevé dans la série animale. Ce fait est général ; il est constaté par des expériences tentées sur des animaux de toutes les classes. Cette faculté que possède l'air d'entretenir la vie est due exclusivement à l'un des principes constituans de ce fluide, l'oxygène. En effet, un grand nombre d'expérimentateurs ont fait des analyses exactes de l'air qui a servi à la respiration ; tous ont trouvé pour résultat une diminution dans la

quantité d'oxygène ; ce principe a été absorbé. Ce sera toujours à la quantité de cet élément que se proportionnera la durée de la vie. Le fluide atmosphérique est dépouillé de son oxygène par les respirations successives ; mais rarement complètement. Lorsque la diminution de ce principe est à un certain degré, qui n'est pas le même pour tous les animaux, l'air ne fournit plus une nourriture suffisante à l'individu, qui succombe à l'asphyxie. La quantité d'oxygène absorbée n'est pas la même pour tous les animaux. On conçoit facilement que l'absorption peut présenter une foule de degrés, puisqu'elle est sous la dépendance du développement de l'individu et des nombreuses nuances de vitalité de l'organe respiratoire, aussi est-elle plus forte chez les animaux supérieurs ; et parmi ceux-ci les oiseaux paraissent consumer proportionnellement la plus forte dose d'oxygène ; cette dose est toujours la même dans telle condition de vitalité du poumon, quelle que soit d'ailleurs la quantité de l'oxygène contenu dans l'air. Les expériences démontrent que dans la jeunesse, où l'on jugerait *à priori* l'assimilation aérienne très-active, cette fonction est plus faible que dans l'âge adulte ; elle est aussi moins développée en été qu'en hiver. Enfin, aux approches de la mort l'air sort du poumon à peu près tel qu'il y est entré, sans avoir perdu d'oxygène, la force du poumon ne suffisant plus pour en opérer la préhension. En général, l'on peut établir que l'âge, le tempérament, le sexe, l'état de santé ou de maladie, etc., modifiant beaucoup la vitalité, doivent avoir une grande influence sur cette absorption. L'on peut induire de là que les calculs de ceux qui ont cherché à apprécier la quantité d'oxygène consumée à chaque inspiration, doivent donner des résultats inexacts et très-variables.

L'oxygène n'est pas le seul corps enlevé à l'air dans la respiration. Déjà *Spallanzani* avait observé une diminution de l'azote dans l'air expiré par des reptiles et des animaux à sang chaud. MM. *de Humboldt* et *Provençal* ont constaté ce fait sur des poissons, et M. *Davy* sur lui-même. Les expériences de *Pfaff* et de *Henderson* confirment aussi cette diminution de l'azote. D'autres savans n'ont pas trouvé d'altération sensible de ce gaz : ce sont *Allen*, *Pepys* et *Dalton*. Enfin, les

recherches de *Berthollet*, de *Nysten*, et plus récemment de MM. *Dulong* et *Desprez*, ont donné pour résultat une augmentation de l'azote dans les produits de l'expiration. Ainsi, dans le rapport de l'azote de l'air inspiré et expiré, il peut y avoir excès, égalité et diminution de l'azote. De nombreuses expériences faites par M. *Edwards* confirment l'exactitude de ces résultats en apparence contradictoires. De plus, cet habile expérimentateur démontre que, dans le travail respiratoire, l'absorption et l'exhalation d'azote sont simultanées. L'activité relative de ces deux fonctions étant influencée par les modifications de la vitalité de l'organe, il est évident que le rapport des principes de l'air expiré peut varier considérablement suivant les constitutions des individus et les circonstances dans lesquelles ils se trouvent. Dès-lors on conçoit qu'en analysant l'air qui a servi à la respiration, l'on puisse trouver, si l'absorption et l'exhalation ont été également actives, que la quantité d'azote est la même que dans l'air inspiré ; de sorte qu'on ne verra les effets ni de l'une ni de l'autre de ces deux fonctions. Lorsque l'exhalation aura été plus forte, la quantité d'azote sera augmentée : le contraire arrivera s'il y a eu suractivité de l'absorption. C'est par cette instabilité de l'action organique, que se trouvent ainsi facilement expliqués ces résultats divers fournis par les travaux des physiologistes.

L'absorption s'empare encore des différentes substances étrangères qui sont en suspension dans l'air. En général, l'on peut dire que la surface respiratoire peut introduire la plupart des corps qui sont en contact avec elle, pourvu qu'ils présentent une assez grande ténuité ; mais l'absorption de ces corps est accidentelle, nullement nécessaire, et souvent nuisible. Il en est autrement de celle de l'oxygène, qui est l'élément indispensable à la respiration. L'azote ne joue qu'un rôle secondaire ; il peut être supprimé sans danger immédiat pour la vie.

Ici se présente la question de savoir par quelle voie se fait l'absorption de ces corps. Je n'exposerai pas cette hypothèse inadmissible, qui établit que l'oxygène, en vertu de son affinité chimique pour le

sang veineux, passe à travers la membrane qui sépare les deux corps. Cette opinion, opposée aux lois de la vie, est le résultat de la théorie toute chimique de la respiration ; elle est tombée avec cette théorie qui est ruinée par les faits et par le raisonnement. Deux opinions partagent aujourd'hui les physiologistes. Les uns prétendent que l'absorption se fait immédiatement par les vaisseaux capillaires sanguins de l'organe respiratoire ; les autres, se fondant sur la grande quantité de vaisseaux lymphatiques qui existent dans le poumon, accordent à ces vaisseaux la fonction d'introduire dans le sang les matériaux absorbés.

Si nous portons notre attention sur les animaux inférieurs, nous trouvons que chez eux les substances doivent être introduites dans le sang immédiatement par les vaisseaux sanguins de l'organe respiratoire, puisqu'on refuse à ces animaux les vaisseaux lymphatiques. Cette absorption immédiate s'exerce aussi dans les classes supérieures. Les expériences du professeur *Mayer*, faites sur des chiens, des lapins, des chats, des chèvres etc., mettent ce fait hors de doute. En effet, il injecte par la trachée, dans le poumon de ces animaux, des substances qui peuvent être reconnues dans le sang, telle qu'une solution de prussiate de potasse, de l'infusion de curcuma, de rhubarbe, de safran etc., etc., et il observe que ces corps se trouvent dans le sang avant qu'on les aperçoive dans le chyle, qu'on les découvre dans l'oreillette et le ventricule gauche long-temps avant que dans ces organes du côté droit ; enfin, que l'absorption se fait lors-même qu'on lie le canal thoracique. Cette transmission immédiate des corps extérieurs dans le sang existe donc également dans toutes les classes de la série animale. Toutefois, je ne rejetterai pas l'absorption par les lymphatiques dans les classes supérieures ; car elle me paraît également constatée. En effet, dans ces mêmes expériences, M. *Mayer* a trouvé les substances injectées dans les vaisseaux lymphatiques du poumon, mais plus tard que dans le sang : de ces faits je conclus que l'absorption immédiate seulement s'opère dans les animaux inférieurs; tandis que dans les classes supérieures, qui possèdent des lymphati-

ques, les deux modes d'absorption concourent à introduire l'air dans le sang. Cependant l'absorption par les lymphatiques ne me paraît être qu'accessoire et complémentaire de l'absorption directe; elle est d'autant plus développée que l'animal est plus élevé, qu'il jouit d'une activité vitale plus grande, et par conséquent a besoin de matériaux nutritifs plus abondans; cette dernière circonstance suffit pour rendre raison de l'existence de cet appareil absorbant complémentaire. L'on m'objectera peut-être que s'il est démontré que les lymphatiques s'emparent des substances liquides, il ne s'en suit pas qu'ils absorbent également les corps gazeux. Mais il n'y a pas de raison pour accorder à ces vaisseaux la faculté d'introduire les premières et de rejeter les secondes; d'ailleurs n'est-il pas probable qu'avant d'être absorbés, ces gaz soient mélangés avec la sérosité animale et se trouvent ainsi dans les conditions des corps liquides? Que si l'on me dit que dans mon hypothèse l'artérialisation du sang doit commencer au moment où les lymphatiques versent leur humeur oxygénée dans les veines, ce que l'on sait bien n'être pas, je répondrai que cette objection serait valable si le contact seul de l'oxygène avec le sang opérait l'hématose; mais je démontrerai que ce n'est pas là le rôle que joue ce gaz, il n'est qu'une condition de l'hématose, condition à la vérité indispensable.

Exhalation. Par l'absorption, l'air est dépouillé d'une partie de ses élémens, par l'exhalation il en acquiert de nouveaux. C'est principalement l'acide carbonique qui se trouve en excès dans le produit de l'expiration. Quand un animal respire le même air pendant un certain temps, cet acide devient très-abondant, il remplace en grande partie l'oxygène absorbé; bientôt l'air épuisé devient impropre à la respiration et l'animal succombe. C'est l'explication facile et simple de la production de l'acide carbonique par la combinaison de l'oxygène disparu avec le carbone du sang, qui a été la principale cause des erreurs de la théorie chimique. Aujourd'hui la fausseté de cette explication est démontrée, et les expériences des physiologistes ont donné

la certitude que cet acide est le produit de l'exhalation. Déjà *Spallanzani* ayant fait respirer de l'hydrogène pur au limaçon des vignes, a trouvé de l'acide carbonique dans le résidu du gaz inspiré. MM. *Coutanceau* et *Nysten* ont inspiré de l'azote presque complètement privé d'oxygène, et l'acide produit a été en même quantité que lors de l'inspiration de l'air atmosphérique. Enfin les travaux de M. *Edwards* mettent hors de doute l'exhalation de ce gaz. Ce savant a répété l'expérience de *Spallanzani*, sur des limaçons, des poissons, des grenouilles, un jeune chat, et toujours il y a eu production d'acide carbonique. Ce résultat permet de conclure que ce fait physiologique est général dans l'échelle animale. Ajoutons que cet acide se trouve déjà dans le sang avant que cette humeur arrive au poumon; son existence y a été reconnue par MM. *Vauquelin*, *Vogel*, *Brande*, et sir *Everard Home*. Je ne puis m'empêcher de signaler l'analogie frappante que je trouve entre ce gaz et l'urée; en effet, tous deux se trouvent tout formés dans le sang, tous deux sont destinés à être rejetés de l'économie.

Nous avons parlé plus haut de l'exhalation de l'azote ; nous savons que la quantité de ce corps exhalée peut être dans trois rapports avec l'azote absorbé ; je me contente de rappeler ce fait.

Enfin l'on trouve dans le produit de l'expiration des vapeurs aqueuses, chargées de substance animale. Ces vapeurs peuvent varier beaucoup en quantité, non-seulement chez les différens animaux, mais encore chez le même individu, selon les divers états de vitalité de l'organe respiratoire. L'exhalation pulmonaire peut même être tellement abondante chez quelques animaux, tels que le chien, le bœuf, qu'elle remplace en grande partie la perspiration cutanée. Je crois que l'élimination de cette eau animale, ainsi que des autres produits de l'exhalation, est moins en rapport avec le travail de l'hématose proprement dite qu'avec ce besoin de l'économie de rejeter les corps usés, inutiles, et dont le séjour deviendrait nuisible.

Hématose. La conversion du sang veineux en artériel ne consiste pas

dans l'absorption et l'exhalation, ou plutôt l'artérialisation du sang n'est pas une conséquence immédiate de ces deux actes. Le premier ne fournit que des matériaux pour l'hématose; il introduit à tout moment un principe réparateur, indispensable à la conservation de l'individu. L'absorption respiratoire n'est donc qu'une voie de nutrition; sous ce rapport, on peut la comparer à d'autres absorptions, qui ont pour but d'introduire des substances nutritives. Ce qui prouve que cette absorption de l'oxygène ne détermine pas l'hématose, ce sont les expériences nombreuses des physiologistes qui, après avoir fait la section ou la ligature des nerfs pneumo-gastriques, ont vu le sang perdre peu à peu sa nature artérielle, lors même que l'air était amplement inspiré. Le second acte rejette les parties usées devenues inutiles; c'est un émonctoire pour l'économie : considéré sous ce rapport l'organe respiratoire est une fraction du grand système dépuratoire, dont les différentes parties sont solidaires les unes des autres. Je le répète, l'exhalation pulmonaire est donc moins en rapport avec l'hématose qu'avec le besoin dépuratoire; et certes le sang veineux ne devient pas artériel, parce qu'il se dépouille dans le poumon d'acide carbonique et de vapeurs animales; si cela était, je demanderais avec M. *Coutanceau* pourquoi le sang artériel, après avoir rejeté à la peau de l'acide carbonique et de la sérosité, redevient noir, veineux, et ne présente pas les qualités opposées?

J'établis que l'hématose est un acte spécial de l'organe respiratoire; elle a pour but de produire une combinaison, une transmutation du sang veineux qui s'opère sous l'influence de l'action organique. Dans cette action, qui est instantanée, les corps gazeux, introduits par les surfaces respiratoire, digestive et cutanée, s'unissent aux substances nutritives liquides, puisées soit au-dehors, soit au-dedans de l'individu; il se produit un liquide nouveau, contenant la matière à assimiler, élevée à un plus haut degré d'animalisation. Peut-être qu'il s'y fait déjà une séparation de la partie qui doit nourrir les organes d'avec celle qui est destinée à être éliminée.

Il est impossible d'assigner le lieu précis où se fait cette combi-

naison. Est-il dans le système capillaire? ou bien le sang est-il déposé dans la substance celluleuse de la membrane respiratoire pour y être élaboré? Ici la difficulté est aussi grande que lorsqu'il s'agit de déterminer quel est dans la profondeur d'une glande le tissu élaborateur du fluide sécrété. L'analogie est parfaite, car l'hématose elle-même n'est qu'une espèce de sécrétion qui produit une humeur dont sortent tous les autres fluides sécrétés. En examinant ce qui se passe dans les êtres inférieurs, l'on voit que chez un grand nombre l'oxygène de l'air agit directement sur la masse gélatineuse de l'individu; que chez les insectes ce principe est porté dans toutes les parties de l'animal, et paraît se combiner dans le tissu celluleux avec la substance nutritive. Ne serait-ce pas là une raison de présumer que chez les animaux supérieurs la combinaison se fait aussi dans le tissu muqueux de la membrane respiratoire?

Les mêmes difficultés ne se présentent pas pour déterminer les conditions réclamées pour l'exercice de cette action organique. Dans les animaux supérieurs, l'influence nerveuse est indispensable à son accomplissement; et cette influence est dévolue à la huitième paire cérébrale. En effet, plusieurs expérimentateurs ayant pratiqué sur différens animaux la section ou la ligature des nerfs pneumo-gastriques, ont, peu de temps après, remarqué des phénomènes dépendant de l'imperfection de l'hématose; et plus tard les animaux ont succombé par la cessation complète de cette fonction. L'on sait que la section de ces mêmes nerfs suspend le travail digestif; on a excité, par l'appareil galvanique, les extrémités des nerfs coupés, et la digestion a recommencé : si cette stimulation artificielle produisait le même effet sur l'hématose, nous aurions une preuve de plus de l'influence de la huitième paire sur cette fonction. N'est-il pas probable, puisque cette influence est si puissante sur l'hématose, que sa perversion puisse déterminer des changemens notables dans le sang? Certaines altérations de cette humeur ne dépendraient-elles pas de cette cause?

L'action de l'organe respiratoire n'est pas uniquement déterminée

par l'influence nerveuse ; l'air que reçoit continuellement cet organe est aussi un excitant. Ce sont ces deux stimulations réunies qui provoquent de concert dans l'organe une action assez énergique pour élaborer les matériaux nutritifs, et produire le fluide éminemment animal. L'oxygène joue donc dans la respiration un rôle double ; il est substance nutritive en même temps qu'il est agent d'excitation. L'on ne peut nier l'action stimulante de l'air due principalement à l'oxygène. S'il était besoin de la prouver, je citerais les expériences de *Dumas*, qui, ayant fait respirer pendant quelque temps cet élément pur à des chiens, vit ces animaux dépérir et bientôt succomber. On ouvrit les cadavres, et l'on trouva les plèvres et les poumons enflammés. N'est-ce pas encore pour éviter la stimulation de ce gaz, que les chirurgiens s'opposent à son introduction dans les vastes foyers purulens? Enfin, M. *Brodie*, en Angleterre, assure avoir vérifié que, lorsque sur un animal décapité, on exerce l'insufflation pulmonaire, du sang artériel est projeté dans les artères. Ce dernier fait prouve même que la stimulation de l'air peut, indépendamment de l'influence nerveuse, provoquer dans le poumon une action assez énergique pour effectuer l'hématose. Je crois devoir attribuer uniquement à l'excitation aérienne la continuation du travail d'hématose, il est vrai imparfait, chez les animaux soumis à la section des nerfs pneumo-gastriques. C'est ainsi qu'on voit dans les expériences de M. *Dupuytren*, la mort n'arriver qu'après dix heures chez les chevaux, et seulement au bout de deux ou trois jours chez les chiens. Dans ces cas, l'influence nerveuse étant supprimée, l'impression de l'air seulement provoquait l'organe à l'action : celle-ci devait être faible, et la conversion du sang incomplète. Aussi peu à peu la vitalité diminua, la stimulation de l'air fut de moins en moins sentie ; bientôt une fonction importante cessa de s'accomplir, et la mort en fut la conséquence.

Quand on descend dans l'échelle animale, la lésion de l'organe respiratoire ne devient plus aussi promptement funeste. Cela paraît dépendre de ce que la vie, moins développée, est plus uniformément répandue dans ces êtres, et de ce que la nourriture aérienne n'est pas

uniquement introduite par un organe spécial ; en effet, chez ces animaux la peau, dans toute son étendue, concourt à cette fonction. Ce que nous avons dit de la section des nerfs ne s'applique donc rigoureusement qu'aux animaux supérieurs. Toutefois l'analogie nous conduit à croire que, dans les classes inférieures, l'influence nerveuse et la stimulation de l'air contribuent encore pour beaucoup à l'accomplissement de l'hématose.

Ainsi nous trouvons dans la fonction respiratoire trois actes distincts, absorption, exhalation et hématose, ou combinaison de différens matériaux qui sont convertis, par l'action organique, en une humeur particulière essentiellement réparatrice, le sang artériel.

Ce liquide présente dans sa composition deux parties distinctes ; l'une, liquide, forme le sérum, qui est le véhicule de la substance nutritive ; l'autre, vraie substance nutritive, offre la configuration de globules chargées de plus ou moins de matière colorante rouge, selon l'espèce d'animal ; le sang n'est donc que de la chaire coulante ; c'est cette partie globuleuse qui détermine, par sa quantité relative, la richesse du sang. Cette humeur nouvelle possède des propriétés physiologiques opposées à celles du fluide non hématosé ; elle est éminemment stimulante pour nos organes, et contient les matériaux de la nutrition, des sécrétions et de la calorification.

Telle est la fonction respiratoire dans la série animale. Sans doute un point de physiologie aussi important demandait de plus grands détails ; mais j'ai dû me contenter d'exposer les faits généraux, les bornes d'un travail inaugural me prescrivant de resserrer le cadre de mon sujet.

APHORISMES D'HIPPOCRATE.

I.

Les changemens des saisons produisent surtout les maladies, et, dans chaque saison, les grands changemens du chaud et du froid, ou tout autre analogue. *Sect.* 3, *aph.* 1.

II.

Les tempéramens se trouvent bien ou mal, les uns de l'été, les autres de l'hiver. *Ibid.*, *aph.* 2.

III.

L'automne est pernicieux aux phthisiques. *Ibid.*, *aph.* 10.

IV.

Les maladies ont, à la vérité, lieu dans toutes les saisons ; mais il en est qui paraissent et s'aggravent plutôt dans telle saison que dans telle autre. *Ibid.*, *aph.* 19.

V.

Les jeunes gens ont des crachemens de sang, des phthisies, des fièvres aiguës, des épilepsies, et d'autres maladies encore, mais surtout celles-là. *Ibid.*, *aph.* 29.

VI.

Les crachemens d'un sang écumeux viennent des poumons. *Sect.* 5, *aph.* 13.